

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

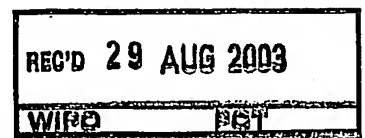
14.07.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 7 月 3 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 2 1 4 3 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 2 1 4 3 3]



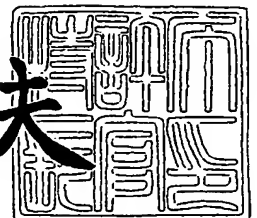
出 願 人 ソニー株式会社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 8 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



Best Available Copy

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290486203

【提出日】 平成14年 7月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/302
H03J 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 多田 正裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 木下 隆

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 谷口 武士

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 池田 浩一

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086298

【弁理士】

【氏名又は名称】 船橋 國則

【電話番号】 046-228-9850

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007364

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904452

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロマシンおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に設けられた入力電極および出力電極と、

前記入力電極上と前記基板上とに両側の端部を支持させた状態で前記出力電極の上部に空間部を介して振動部を敷設してなる帯状の振動子電極とを備えたマイクロマシンにおいて、

前記振動子電極の各端部は、先端から前記振動部に至るまでの間の全面が、前記入力電極および前記基板に対して完全に固定されている

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項 2】 請求項 1 記載のマイクロマシンにおいて、

前記振動子電極は、前記入力電極を構成する材料に対して選択的なエッチングが可能な材料で構成されている

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項 3】 請求項 1 記載のマイクロマシンにおいて、

前記入力電極側に固定されている前記振動子電極の端部の幅は、当該入力電極の幅よりも大きい

ことを特徴とするマイクロマシン。

【請求項 4】 基板上の第 1 導電層をパターンニングすることで、入力電極および出力電極を形成する工程と、

前記入力電極の上面および前記出力電極を挟んで当該入力電極と反対側の基板上に、絶縁性の保護膜を形成する工程と、

前記保護膜に対して選択的にエッチングが可能な犠牲層を、当該保護膜の表面を露出させて前記入力電極および出力電極を覆う状態で前記基板上に形成する工程と、

前記保護膜に、前記入力電極および基板に達する接続孔を形成する工程と、

前記接続孔内を含む前記犠牲層上に形成した第 2 導電層をパターンニングすることで、両端部が前記接続孔内を完全に覆うと共に当該両端部の周縁端が前記保護膜上に位置し、かつ中央部が前記出力電極上を横切る帯状の振動子電極を形成

する工程と、

前記犠牲層を選択的に除去することで前記振動子電極と前記出力電極との間に空間部を設ける工程とを行う

ことを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項 5】 基板上の第 1 導電層をパターンニングすることで、入力電極および出力電極を形成する工程と、

前記入力電極および出力電極を覆う犠牲層を前記基板上に形成する工程と、

前記犠牲層に、前記入力電極に達する接続孔と前記出力電極を挟んで当該入力電極と反対側の基板上に達する接続孔とを形成する工程と、

前記各接続孔内を含む前記犠牲層上に、前記第 1 導電層に対して選択的にエッチングが可能な第 2 導電層を形成する工程と、

前記第 1 電極層に対して前記第 2 導電層を選択的にパターンエッチングすることで、両端部の周縁端が前記各接続孔内に配置され、かつ中央部が前記出力電極上を横切る帯状の振動子電極を形成する工程と、

前記犠牲層を選択的に除去することで前記振動子電極と前記出力電極との間に空間部を設ける工程とを行う

ことを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はマイクロマシンおよびその製造方法に関し、特には空間部を介して出力電極上を横切るように振動子電極が設けられたマイクロマシンおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

基板上における微細加工技術の進展に伴い、シリコン基板、ガラス基板等の基板上に、微細構造体とこの駆動を制御する電極および半導体集積回路等を形成するマイクロマシン技術が注目されている。

【0003】

その中の一つに、無線通信用の高周波フィルタとしての利用が提案されている微小振動子がある。図13に示すように、微小振動子100は、基板101上に設けられた出力電極102aの上方に、空間部Aを介して振動子電極103を配置してなる。この振動子電極103は、出力電極102aと同一の導電層で構成された入力電極102bに一端部が接続されており、入力電極102bに特定の周波数電圧が印加された場合に、出力電極102a上に空間部Aを介して設けられた振動子電極103のビーム（振動部）103aが振動し、出力電極102aとビーム（振動部）103aとの間の空間部Aで構成されるキャパシタの容量が変化し、これが出力電極102aから出力される。このような構成の微小振動子100からなる高周波フィルタは、表面弾性波（SAW）や薄膜弾性波（FBAR）を利用した高周波フィルタと比較して、高いQ値を実現することができる。

【0004】

このような微小振動子の製造は、次のように行う。先ず、図14（a）に示すように、表面が絶縁膜で覆われた基板101上に、ポリシリコンからなる出力電極102a、入力電極102b、支持電極102cを形成する。これらの電極102a～102cは、出力電極102aを挟んだ両側に入力電極102bと支持電極102cとが配置される。次いで、これらの電極102a～102cを覆う状態で、基板101上に酸化シリコンからなる犠牲層105を形成する。

【0005】

次に、図14（b）に示すように、犠牲層105に、入力電極102bおよび支持電極102cに達する接続孔105b、105cを形成する。その後、これらの接続孔105b、105c内を含む犠牲層105上にポリシリコン層106を形成する。

【0006】

次いで、図14（c）に示すように、このポリシリコン層106をパターンエッチングすることで、出力電極102a上を通過する帯状の振動子電極103を形成する。この際、ポリシリコンからなる入力電極102bおよび支持電極102cのエッチングを防止するために、接続孔105b、105cが完全に覆われるようにポリシリコン層106のパターンエッチングを行う。

【0007】

以上の後、犠牲層105を選択的に除去し、これによって先の図13に示すように、出力電極102aと振動子電極103との間に空間部Aを形成して、微小振動子100を完成させる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、このようにして得られた微小振動子100には、ビーム103aの両端にあたるアンカー（支持部）103bの周縁部分に、入力電極102bや支持電極102cに固定されない底部Bが形成される。このような底部Bは、振動子電極103がさらに縮小された場合、ビーム103aの振動に対して大きな影響を及ぼすようになる。

【0009】

図15は、上述した構成の微小振動子100のビーム長Lと固有振動周波数との関係を示す図である。この図に示すように、下記式(1)に基づく理論上の固有振動周波数(Theory)は、 $(1/L^2)$ に比例する。

【数1】

$$f_R = \frac{0.162 h}{L^2} \sqrt{\frac{EK}{\rho}} \quad \dots(1)$$

h : 膜厚
E : ヤング率
K : 電磁カップリング率
 ρ : 膜密度

【0010】

しかし、上述した構成の微小振動子100においては、有限要素法を用いたシミュレーション結果 (Simulation)からも明らかなように、ビーム長Lが $10 \mu\text{m}$ 以下に縮小され、ビーム103aとこれを支持するアンカー103bとの長さが同程度となる領域 (100MHz 以上)では、底部Bの影響によって、 $(1/L^2)$ に比例する形での固有振動周波数の高周波化は困難になってくる。

【0011】

そこで本発明は、100MHz以上の高周波数帯域においても、 $(1/L^2)$ に比例させて固有振動周波数の高周波化を実現することが可能な振動子電極を有するマイクロマシンを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

このような目的を達成するための本発明は、基板上に設けられた入力電極および出力電極と、入力電極および基板上に両側の端部を支持させた状態で出力電極の上部に空間部を介して振動部を敷設してなる帯状の振動子電極とを備えたマイクロマシンにおいて、振動子電極の各端部は、先端から振動部に至るまでの間の全面が、入力電極および基板に対して完全に固定されていることを特徴としている。

【0013】

このような構成のマイクロマシンは、振動子電極の両端部が、その先端から振動部に至るまでの全面において下地に対して完全に固定されているため、振動部のみが下地との間に空間部を介して配置される構成となる。このため、入力電極を介して振動子電極に所定周波数の電圧を印可して当該振動子電極を振動させた場合、振動部のみが振動に関与して振動することになる。したがって、固有振動周波数が、理論上の値（振動部の長さLの二乗に反比例した値）により近くなり、微細化による高周波化の達成が容易になる。

【0014】

また本発明は、このような構成のマイクロマシンの製造方法でもあり、次の手順で行うことを特徴としている。

【0015】

まず、第1の製造方法は、基板上の第1導電層をパターンニングすることで、入力電極および出力電極を形成した後、入力電極の上面および出力電極を挟んで当該入力電極と反対側の基板上に絶縁性の保護膜を形成する。次いで、保護膜に対して選択的にエッチングが可能な犠牲層を、当該保護膜を露出させて入力電極および出力電極を覆う状態で基板上に形成する。また保護膜には入力電極および基板に達する接続孔を形成する。その後、接続孔内を含む犠牲層上に第2導電層を

形成してこれをパターンニングすることにより、両端部が接続孔内を完全に覆うと共に当該両端部の周縁端が保護膜上に位置し、かつ中央部が出力電極上を横切る帯状の振動子電極を形成する。次に、犠牲層を選択的に除去して振動子電極と出力電極との間に空間部を設ける。

【0016】

このような第1の製造方法によれば、接続孔が形成された保護膜を露出させるように基板上が犠牲層で覆われた状態で、接続孔内を覆うと共に両端部の周縁端が保護膜上に位置するように振動子電極のパターン形成を行う。このため、振動子電極は、その両端の全面が接続孔および保護膜上に配置された状態で、中央部のみが犠牲層上に配置されることになる。そしてこの状態で、保護膜に対して犠牲層を選択的に除去するため、振動子電極は、中央部の下方のみに空間部が設けられ、かつ両端部の周縁が保護膜上からはみ出ることなく保護膜および接続孔に対して全面で固定された形状に形成される。また、接続孔を覆うように振動子電極をパターン形成することで、接続孔の下部に配置される入力電極が振動子電極と同一材料で構成されていたとしても、接続孔内の入力電極に対して振動子電極のパターン形成の影響が及ぼされることはない。

【0017】

また、第2の製造方法は、基板上の第1導電層をパターンニングすることで、入力電極および出力電極を形成した後、これらを覆う犠牲層を基板上に形成する。次いで、入力電極に達する接続孔および出力電極を挟んで当該入力電極と反対側の基板上に達する接続孔を犠牲層に形成し、これらの接続孔内を含む犠牲層上に、第1導電層に対して選択的にエッチングが可能な第2導電層を形成する。その後、第1電極層に対して第2導電層を選択的にパターンエッチングすることで、両端部の周縁端が各接続孔内に配置され、かつ中央部が出力電極上を横切る帯状の振動子電極を形成する。次に、犠牲層を選択的に除去することで振動子電極と出力電極との間に空間部を設ける。

【0018】

このような第2の製造方法によれば、入力電極および基板にそれぞれ達する接続孔を有する犠牲層上に、両端部の周縁端が接続孔内に配置されるように振動子

電極のパターン形成を行う。このため、振動子電極は、その両端の全面が接続孔内に配置された状態で、中央部のみが犠牲層上に配置されることになる。ここで、振動子電極を構成する第2導電層は、入力電極を構成する第1電極層に対して選択的にエッチングが可能であるため、振動子電極のパターン形成の際には、接続孔の底部に露出する入力電極部分に対して振動子電極のパターン形成の影響が及ぼされることはない。そしてこの状態で、犠牲層を選択的に除去するため、振動子電極は、中央部の下方のみに空間部が設けられ、かつ両端部が入力電極および基板に対して全面で固定された形状に形成される。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。尚、各実施形態においては、先ず製造方法を説明し、次いでこれによって得られるマイクロマシンの構成を説明する。

【0020】

<第1実施形態>

図1、図2は、第1実施形態の製造方法を示す断面工程図であり、また図3～図5は第1実施形態の製造方法を説明するための平面図である。ここでは、図1、図2に基づき、図3～図5を参照しつつ第1実施形態におけるマイクロマシンの製造方法を説明する。尚、図1、図2は、図3～図5の平面図におけるA-A'断面に対応している。

【0021】

先ず、図1(a)に示すように、単結晶シリコンなどの半導体基板1上を絶縁層3で覆ってなる基板4を形成する。この絶縁層3は、以降に行われる犠牲層（酸化シリコン）のエッチング除去に対してエッチング耐性を有する材料で最表面が構成されることとする。そこで、例えば、半導体基板1との間の応力を緩和するための酸化シリコン膜3aを介して、上述したエッチング耐性を有する窒化シリコン膜3bをこの順に積層してなる絶縁層3を形成することとする。

【0022】

次に、図1(b)に示すように、基板4上に第1導電層をパターンニングしてな

る出力電極 7 a、入力電極 7 b、および支持電極 7 c を形成する。これらの各電極 7 a ~ 7 c を構成する第 1 導電層は、例えばリン (P) を含有するポリシリコン等のシリコン層であることとする。そして、これらの各電極 7 a ~ 7 c は、入力電極 7 b と支持電極 7 c との間に出力電極 7 a を挟むように、基板 4 上に配置されることとする。

【0023】

その後、図 1 (c) に示すように、各電極 7 a ~ 7 c から露出している基板 4 の表面を酸化シリコン膜 9 で覆う。この際、例えば、各電極 7 a ~ 7 c を覆う状態で窒化シリコン膜 3 a 上に酸化シリコン膜を形成し、各電極 7 a ~ 7 c が露出するまで酸化シリコン膜 9 を研磨することで、基板 4 の表面上のみに酸化シリコン膜 9 を形成する。

【0024】

次いで、図 1 (d) に示すように、入力電極 7 b および支持電極 7 c を介しての基板 4 上に、後に行われる犠牲層のエッチング除去に対してエッチング耐性を有する絶縁性材料からなる保護膜 11 をパターン形成する。この際、例えば、犠牲層を酸化シリコンで形成する場合には、窒化シリコンからなる保護膜 11 を形成することとする (以上、図 3 参照)。

【0025】

尚、保護膜 11 は、例えば、基板 4 の上方に成膜された窒化シリコン膜をレジストパターン (図示省略) をマスクに用いてエッチングすることによって形成されるが、このエッチングの際には酸化シリコン膜 9 が、基板 4 表面の窒化シリコン膜 3 a を保護する膜となる。このため、保護膜 11 を形成するためのエッチングに対して、窒化シリコン膜 3 a が十分な膜厚を有している場合には、先の工程で酸化シリコン膜 9 を形成する必要はない。そして、酸化シリコン膜 9 を形成しない場合には、図 3 中に二点鎖線に示すように、入力電極 7 b および支持電極 7 c 上から基板 4 上にはみ出すように保護膜 11' を形成しても良い。また、基板 4 の表面が保護膜形成材料のパターンエッチングに対して耐性を有する材料からなる場合も、同様の二点鎖線で示す保護膜 11' を設けても良い。

【0026】

以上の後、図 1 (e) に示すように、保護膜 11 のみを露出させ得た状態で、絶縁層 3 の上方を犠牲層 13 で覆う。この犠牲層 13 は、基板 4 の表面層（ここでは窒化シリコン膜 3 a）および保護膜（ここでは窒化シリコン） 11、さらには各電極（ここではポリシリコン） 7 a～7 c に対して選択的にエッチング除去される材料で形成される。このような犠牲層 13 は、各電極 7 a～7 c を覆う状態で犠牲層膜を形成し、保護膜 11 が露出するまで犠牲層膜を研磨することによって形成される。

【0027】

次に、図 2 (f) に示すように、保護膜 11 に、入力電極 7 b に達する接続孔 11 b と、支持電極 7 c を介して基板 4 に達する接続孔 11 c とを形成する。

【0028】

以上の後、図 2 (g) および図 4 に示すように、接続孔 11 b、11 c を介して入力電極 7 b および支持電極 7 c に接続されると共に、出力電極 7 a 上を横切る帯状の振動子電極 15 を形成する。この振動子電極 15 は、接続孔 11 b、11 c 内を含む犠牲層 13 上に形成した第 2 導電層（例えばポリシリコン膜）をパターンエッチングすることによって形成される。この際、振動子電極 15 の両側の端部が接続孔 11 b、11 c 内を完全に覆うと共に、各端部の周縁端が保護膜 11 上に位置し、かつ中央部が出力電極 7 a 上を横切るように、パターンエッチングを行うこととする。

【0029】

以上の後、図 2 (h) に示すように、振動子電極 15 の下方に犠牲層 13 を残した状態で、入力電極 7 b に接続される配線の形成部を露出させるように犠牲層 13 の部分的な除去を行う。この場合、少なくとも振動子電極 15 およびその周囲を覆い、かつ入力電極 7 b に接続される配線の形成部を露出させる形状のレジストパターン（図示省略）を基板 4 の上方に形成する。そして、このレジストパターンをマスクにして、保護膜（窒化シリコン） 11、各電極（ポリシリコン） 7 a～7 c、15、基板 4 の表面層（窒化シリコン膜 3 a）、に対して選択的に犠牲層（酸化シリコン） 13 をエッチング除去する。これにより、振動子電極 15 と出力電極 7 a との間に犠牲層 13 を残し、配線形成部分の犠牲層 13 を部分

的に除去する。その後、レジストパターンを除去する。

【0030】

次いで、入力電極 7b の露出面に接続させた状態で、配線 17 を形成する。この配線 17 を形成する場合には、先ず、基板 4 上の全面に金 (Au) のシード層を形成した後、配線を形成する部分を露出させて他の部分を覆うレジストパターン (図示省略) を形成する。次いで、メッキ法によりレジストパターンの開口部内のシード層上にメッキ層を成長させて配線 17 を形成する。配線 17 形成後には、レジストパターンを除去し、さらにシード層を除去するための全面エッチングを行う。

【0031】

以上の後、保護膜 11、各電極 7a～7c、15、基板 4 の表面層に対して選択的に犠牲層 13 をエッチング除去する。この際、バッファードフッ酸を用いたウェットエッチングを行うことで、振動子電極 15 下の酸化シリコンからなる犠牲層 13 を確実に除去する。これにより、図 2 (i) に示すように、振動子電極 15 の下部に空間部 (ギャップ) A を形成する。

【0032】

以上のようにして、図 2 (i) および図 5 に示すように、入力電極 7b 上と支持電極 7c を介しての基板 4 上とに両側の端部を支持させた状態で、出力電極 7a の上部に空間部 A を介してビーム (振動部) 15a を敷設してなる帯状の振動子電極 15 が設けられた構成のマイクロマシン 20 が得られる。

【0033】

特に、上述した第 1 実施形態の製造方法では、図 2 (g) および図 4 を用いて説明したように、接続孔 11b、11c が形成された保護膜 11 を露出させるように基板 4 上に犠牲層 13 を形成した状態で、接続孔 11b、11c を覆うと共に両端部の周縁端が保護膜 11 上に配置されるように振動子電極 15 のパターン形成を行っている。このため、振動子電極 15 は、その両端の全面が保護膜 11 および接続孔 11b、11c 上に配置された状態で、中央部のみが犠牲層 13 上に配置されることになる。

【0034】

そしてこの状態で、図 2 (i) および図 5 を用いて説明したように、保護膜 11 に対して犠牲層 13 を選択的に除去するため、中央のビーム（振動部）15a の下方のみに空間部 A が設けられ、かつ両端部の周縁が保護膜 11 上からはみ出ることなく、先端からビーム（振動部）15a に至るまでの間の全面が、保護膜 11 および接続孔 11b, 11c を介して入力電極 7 および支持電極 7c に対して全面で固定された形状の振動子電極 15 を得ることが可能になる。

【0035】

このような形状の振動子電極 15 を有するマイクロマシン 20 では、入力電極 7b を介して所定周波数の電圧を印可して振動子電極 15 を振動させた場合、ビーム（振動部）15a のみが振動に関与して振動することになる。したがって、固有振動周波数が、上述した式 (1) を満たす理論上の値（振動部の長さ L の二乗に反比例した値）により近くなり、微細化による高周波化の達成が容易になる。この結果、Q 値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【0036】

尚、図 3 を用いて説明したように、入力電極 7b および支持電極 7c 上から基板 4 上にはみ出すように保護膜 11' を設けた場合、図 6 に示すように、この保護膜 11' に形成される接続孔 11b, 11c も、入力電極 7b および支持電極 7c 上から基板 4 上にはみ出す形状としても良い。このような場合であっても、振動子電極 15' を形成する際には、振動子電極 15' の両側の端部が接続孔 11b, 11c 内を完全に覆うと共に、各端部の周縁端が保護膜 11' 上に配置され、かつ中央部が出力電極 7a 上を横切るようにパターンエッチングを行うことで、振動子電極 15' の両端部の周縁が保護膜 11' 上からはみ出ることなく、かつ先端からビーム（振動部）15a' に至るまでの間の全面を、保護膜 11' および接続孔 11b, 11c を介して入力電極 7 および支持電極 7c に対して全面で固定させる構成とする。

【0037】

このような構成の振動子電極 15' を有するマイクロマシン 20' では、入力電極 7b の線幅に依存することなく、振動子電極 15' の線幅を設定することが

できる。尚、図 6 に示した構成のマイクロマシン 20' においては、振動子電極 15' が一定の線幅で形成されても良い。また、ビーム（振動部）15a' の幅よりも端部の幅を十分に広く設定できるため、ビーム（振動部）15a' の支持を確実にすることが可能になり、より理論値に近い高周波振動を達成することが可能になる。

【0038】

<第 2 実施形態>

図 7、図 8 は、第 2 実施形態の製造方法を示す断面工程図であり、また図 9 ～図 11 は第 2 実施形態の製造方法を説明するための平面図である。ここでは、図 7、図 8 に基づき、図 9 ～図 11 を参照しつつ第 1 実施形態におけるマイクロマシンの製造方法を説明する。尚、図 7、図 8 は、図 9 ～図 11 の平面図における A-A' 断面に対応している。

【0039】

まず、図 7（a）に工程を、第 1 実施形態で図 1（a）を用いて説明したと同様に行い、単結晶シリコンなどの半導体基板 1 上を、酸化シリコン膜 3a 上に窒化シリコン膜 3b を積層してなる絶縁層 3 で覆った基板 4 を形成する。

【0040】

次に、図 7（b）に示すように、基板 4 上に第 1 導電層をパターンニングしてなる出力電極 7a'、入力電極 7b'、および支持電極 7c' を形成する。本第 2 実施形態においては、これらの各電極 7a' ～ 7c' を構成する第 1 導電層として、以降に形成する振動子電極をパターン形成する際にエッチング耐性を有する材料を用いることを特徴としている。このため、例えば、振動子電極をポリシリコンのようなシリコン層で構成する場合、シリコンのエッチングに対してエッチング耐性を有する導電性材料、例えばチタンおよびチタン合金、タングステンおよびタングステン合金、ホウ素（B）を含有したポリシリコン、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）、ホウ素（B）あるいは窒素（N）を含有したダイヤモンドを用いてこれらの各電極 7a' ～ 7c' を形成する。尚、これらの各電極 7a' ～ 7c' の配置状態は、第 1 実施形態の電極 7a ～ 電極 7c と同様であることとする。

【0041】

その後、図7(c)に示すように、各電極7a'～7c'を覆う状態で、基板4の上方を犠牲層13で覆う。この犠牲層13は、基板4の表面層（ここでは窒化シリコン膜3a）、および各電極7a'～7c'に対して選択的にエッチング除去される材料（例えば酸化シリコン）で形成されることとする。

【0042】

次に、図7(d)および図9に示すように、犠牲層13に、入力電極7b'に達する接続孔13bと、支持電極7c'を介して基板4上に達する接続孔13cとを形成する。これらの接続孔13b, 13cは、入力電極7b'および支持電極7c'上の範囲内に形成されても良いし、図9中に二点鎖線に示すように、入力電極7b'および支持電極7c'上から基板4の上方にはみ出すような接続孔13b', 13c'として設けても良い。

【0043】

以上の後、図7(e)および図10に示すように、接続孔13b, 13cを介して入力電極7b'および支持電極7c'に接続されると共に、出力電極7a'上を横切る帯状の振動子電極15を形成する。この振動子電極15は、接続孔13b, 13c内を含む犠牲層13上に、出力電極7a'、入力電極7b'および支持電極7c'に対して選択的なエッチングが可能な第2導電層（例えばポリシリコン膜）を形成し、これを選択的にパターンエッチングすることによって形成される。

【0044】

この振動子電極15は、両端部が接続孔13b, 13c内からはみ出すことのないようにパターン形成されることとする。このため、入力電極7b'や支持電極7c'上から基板4の上方にはみ出した形状の接続孔13b', 13c'であれば、振動子電極15の両端部も、基板4の上方にはみ出して形成されても良い。

【0045】

以上の後、図8(f)に示すように、振動子電極15下の間に犠牲層13を残して配線形成部分の犠牲層13を部分的に除去し、次いで入力電極7b'に接続

する配線 17 を形成する。この工程は、第 1 実施形態で図 2 (h) を用いて説明したと同様に行う。

【0046】

以上の後、各電極 7 a' ~ 7 c' , 15、基板 4 の表面層、および配線 17 に対して選択的に犠牲層 (13) をエッチング除去する。これにより、図 8 (g) および図 11 に示すように、振動子電極 15 の下部に空間部 (ギャップ) A を形成する。この工程は、第 1 実施形態において図 2 (i) を用いて説明したと同様に行う。

【0047】

以上のようにして、入力電極 7 b' 上と支持電極 7 c' を介しての基板 4 上に両側の端部を支持させた状態で、出力電極 7 a' の上部に空間部 A を介してビーム (振動部) 15 a を敷設してなる帯状の振動子電極 15 が設けられた構成のマイクロマシン 21 が得られる。

【0048】

特に、上述した第 2 実施形態の製造方法では、図 7 (e) および図 10 を用いて説明したように、犠牲層 13 に設けられた接続孔 13 b, 13 c 内に、両端部の周縁端が配置されるように振動子電極 15 のパターン形成を行う。この際、振動子電極 15 を構成する第 2 導電層は、入力電極 7 b' および支持電極 7 c' を構成する第 1 電極層に対して選択的にエッチングが可能であるため、振動子電極のパターン形成の際には、接続孔 13 b, 13 c の底部に露出する入力電極 7 b' および支持電極 7 c' に対して影響を及ぼすことなく振動子電極 15 をパターン形成できる。そして、このパターン形成により、振動子電極 15 は、その両端の全面が接続孔 13 b, 13 c 内に配置された状態で、中央部のみが犠牲層 13 上に配置されることになる。

【0049】

そしてこの状態で、図 8 (g) を用いて説明したように、犠牲層 13 を選択的に除去するため、中央のビーム (振動部) 15 a の下方のみに空間部 A が設けられ、かつ両端部が入力電極 7 b' および基板 4 上の支持電極 7 c' に対して全面で固定された形状の振動子電極 15 を得ることが可能になる。

【0050】

このような形状の振動子電極15を有するマイクロマシン21であっても、第1実施形態のマイクロマシン20、20'と同様に、入力電極7bを介して所定周波数の電圧を印可して振動子電極15を振動させた場合、ビーム（振動部）のみが振動に関与して振動することになるため、固有振動周波数が、理論上の値（振動部の長さLの二乗に反比例した値）により近くなり、微細化による高周波化の達成が容易になる。この結果、Q値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【0051】

尚、図9を用いて説明したように、入力電極7bおよび支持電極7c上から基板4上にはみ出すような接続孔13b'、13c'を設けた場合、図12に示すように、振動子電極15'の両側の端部も、基板4上にはみ出して形成する事が可能になる。このため、入力電極7b'の線幅に依存することなく、振動子電極15'の線幅を設定することができる。このような振動子電極15'は、一定の線幅で形成されても良く、また端部のみが線幅が太い構成であっても良い。また、ビーム（振動部）15a'の幅よりも端部の幅を十分に広く設定できるため、ビーム（振動部）15a'の支持を確実にすることが可能になる。したがって、より理論値に近い高周波振動を達成することが可能なマイクロマシン21'を得ることが可能になる。

【0052】

また、上述した第2実施形態において支持電極7c'を形成しない場合には、図7(d)を用いて説明した工程において、接続孔13cを基板4に達する様に形成することで、同様の効果を得ることが可能なマイクロマシンが得られる。

【0053】

【発明の効果】

以上説明したように本発明のマイクロマシンおよびその製造方法によれば、ビーム（振動部）の下方のみに空間部を備え、これを支持する両端部の全面が入力電極や基板等の下地に対して固定された振動子電極を形成する構成としたことで、入力電極を介して所定周波数の電圧を印可して振動子電極を振動させた場合に

、ビーム（振動部）のみが振動を関与させて理論上の値に近い固有振動周波数を得ることが可能になる。これにより、振動子電極の微細化による高周波化の達成が容易になり、Q値が高くかつ周波数帯域のより高い高周波フィルタを実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施形態の製造方法を示す断面工程図（その 1）である。

【図 2】

第 1 実施形態の製造方法を示す断面工程図（その 2）である。

【図 3】

図 1（d）に対応する平面図である。

【図 4】

図 2（g）に対応する平面図である。

【図 5】

図 2（i）に対応する平面図である。

【図 6】

第 1 実施形態の他の構成例を示す平面図である。

【図 7】

第 2 実施形態の製造方法を示す断面工程図（その 1）である。

【図 8】

第 2 実施形態の製造方法を示す断面工程図（その 2）である。

【図 9】

図 7（d）に対応する平面図である。

【図 10】

図 7（e）に対応する平面図である。

【図 11】

図 8（g）に対応する平面図である。

【図 12】

第 2 実施形態の他の構成例を示す平面図である。

【図 13】

従来のマイクロマシン（微小振動子）の構成を示す図である。

【図 14】

従来の製造方法を示す断面工程図である。

【図 15】

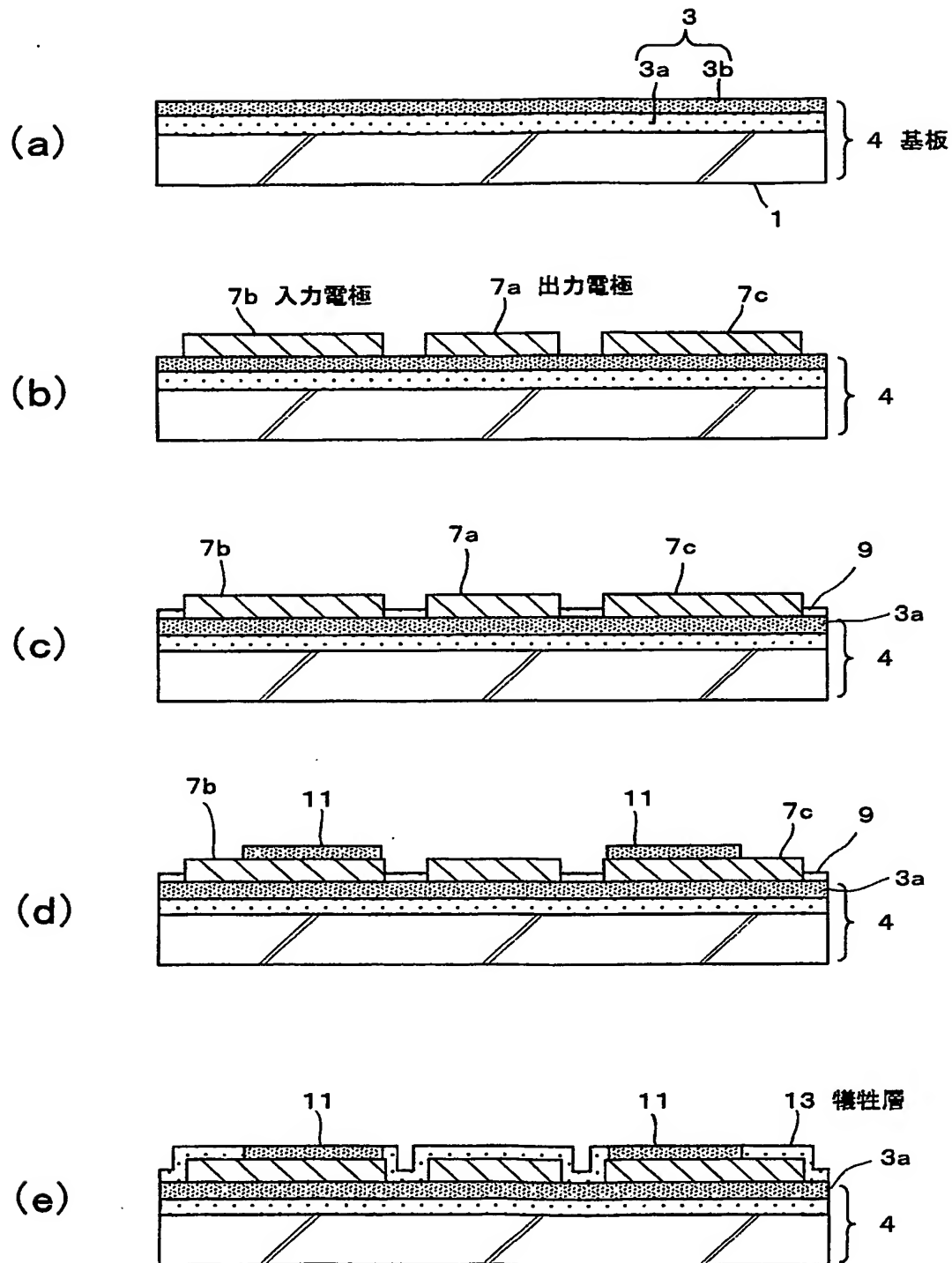
従来のマイクロマシンの課題を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

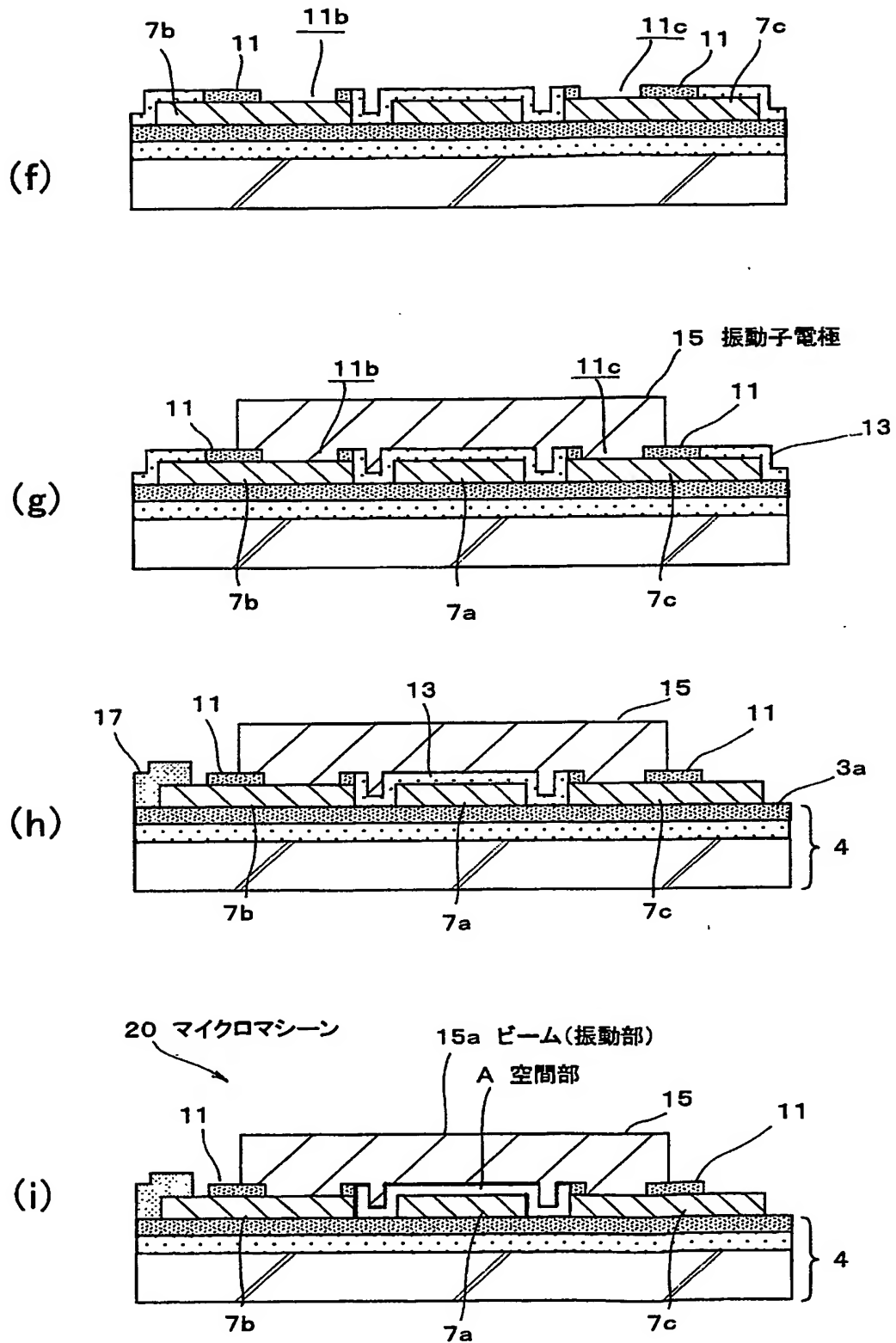
4…基板、7b…入力電極、7a…出力電極、11…保護膜、11b, 11c, 13b, 13c…接続孔、13…犠牲層、15, 15'…振動子電極、15a, 15a'…ビーム（振動部）、20, 20', 21, 21'…マイクロマシン、A…空間部

【書類名】 図面

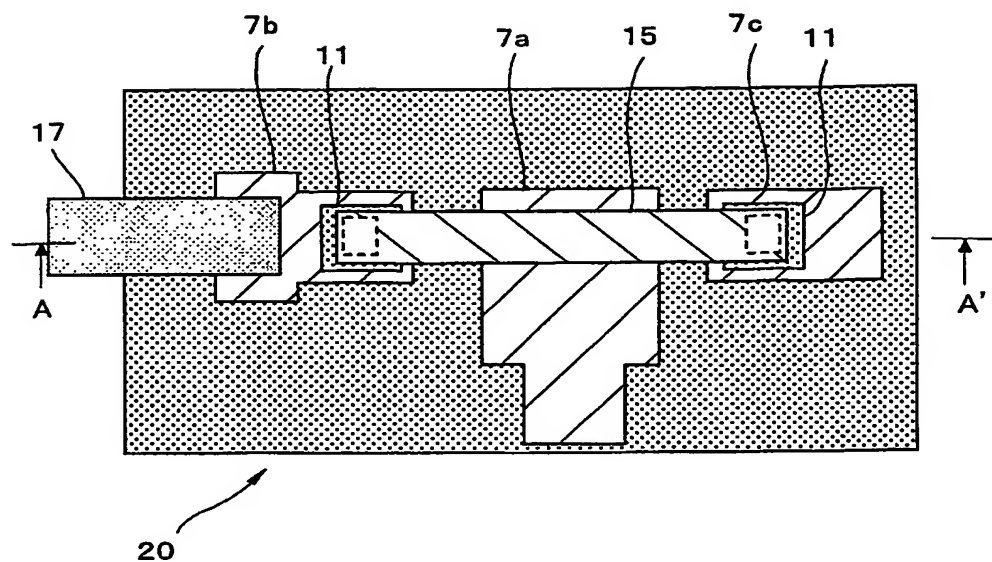
【図 1】



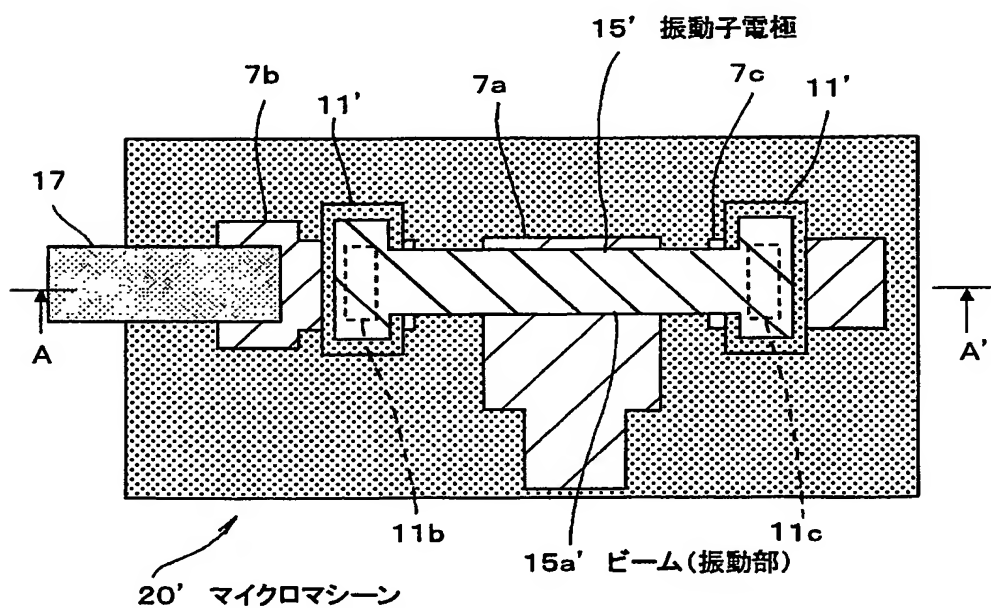
【図 2】



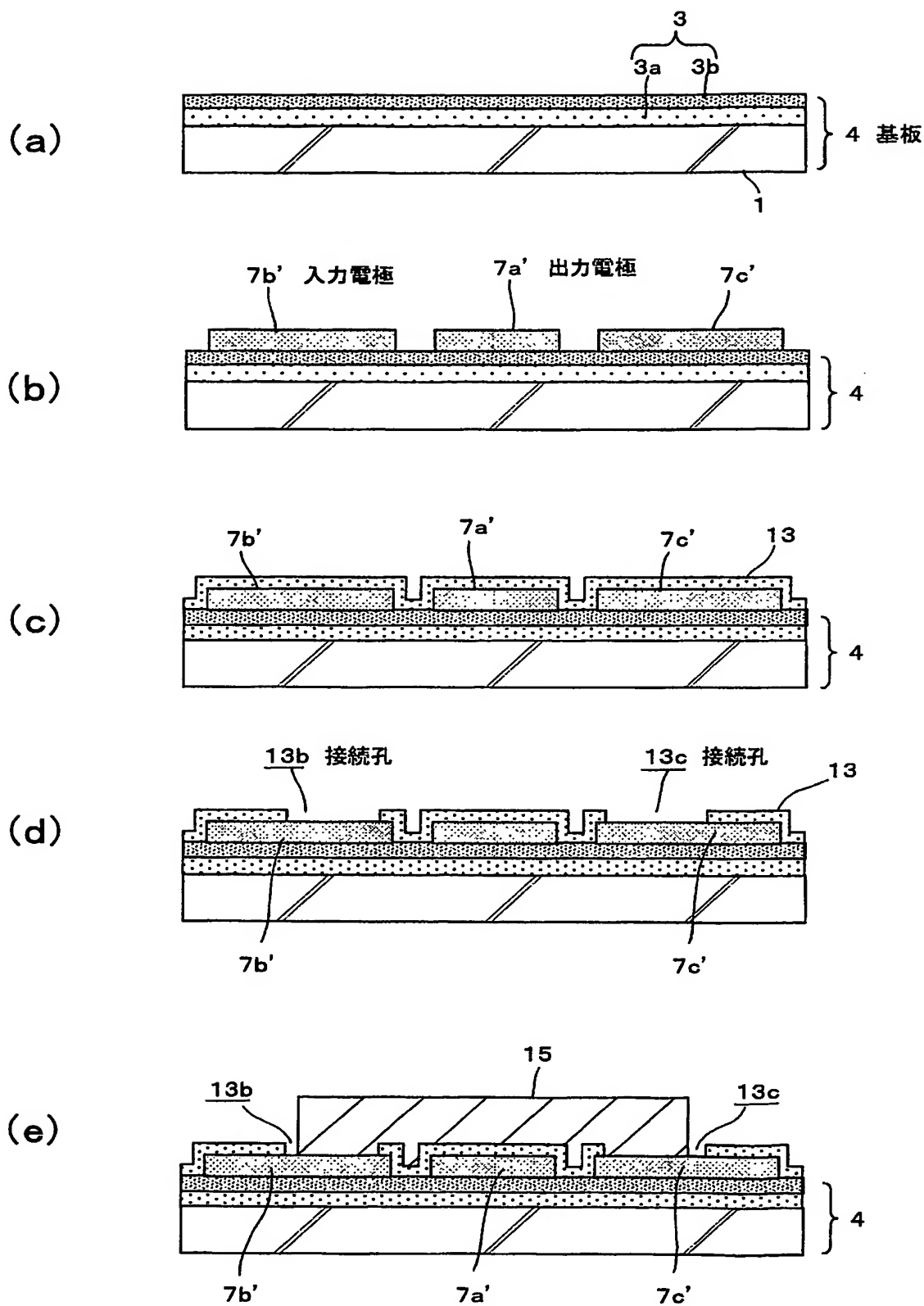
【図 5】



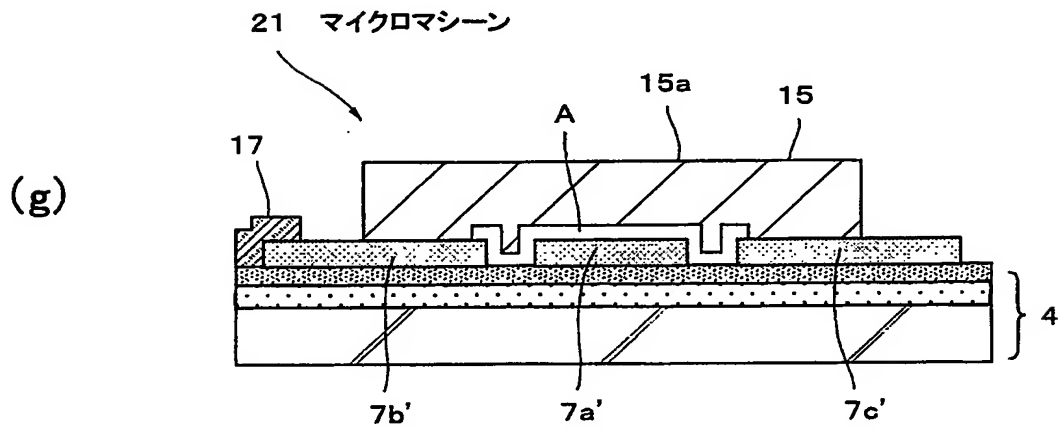
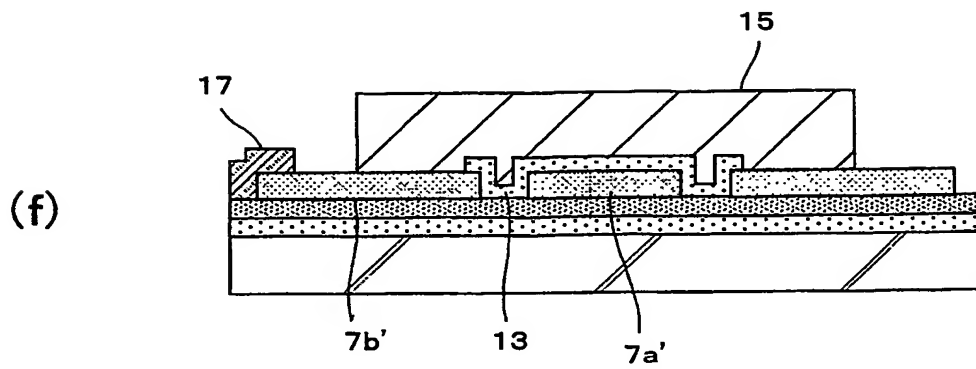
【図 6】



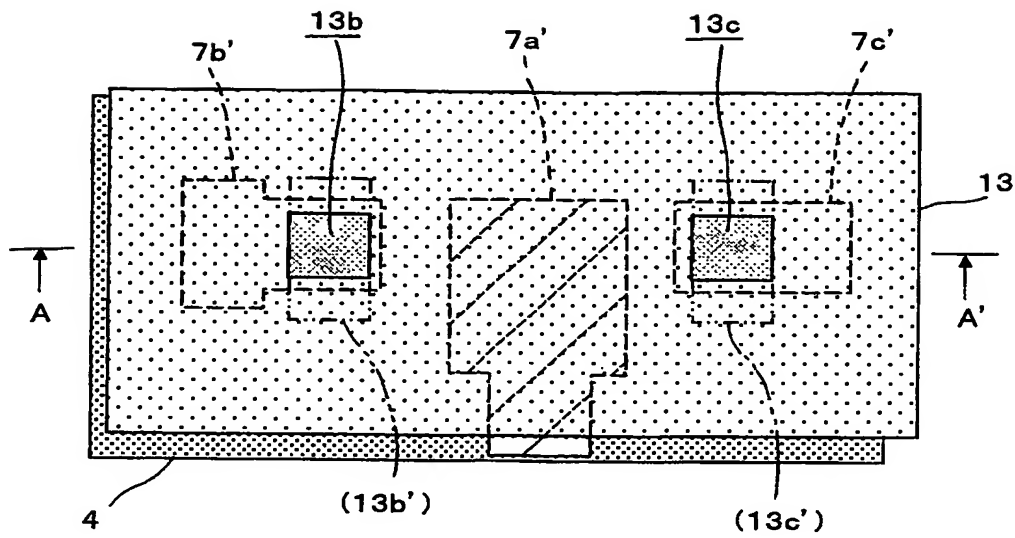
【図 7】



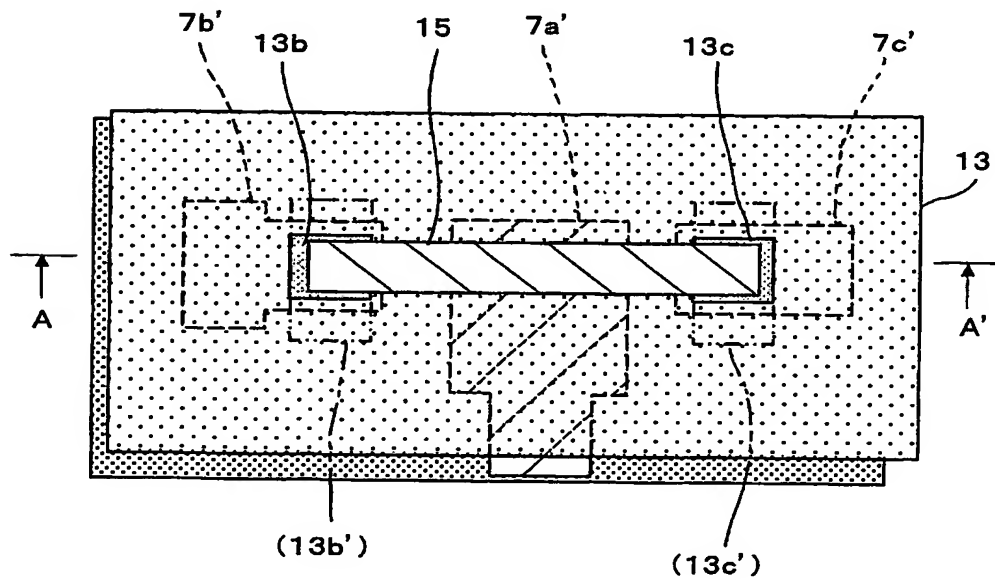
【図 8】



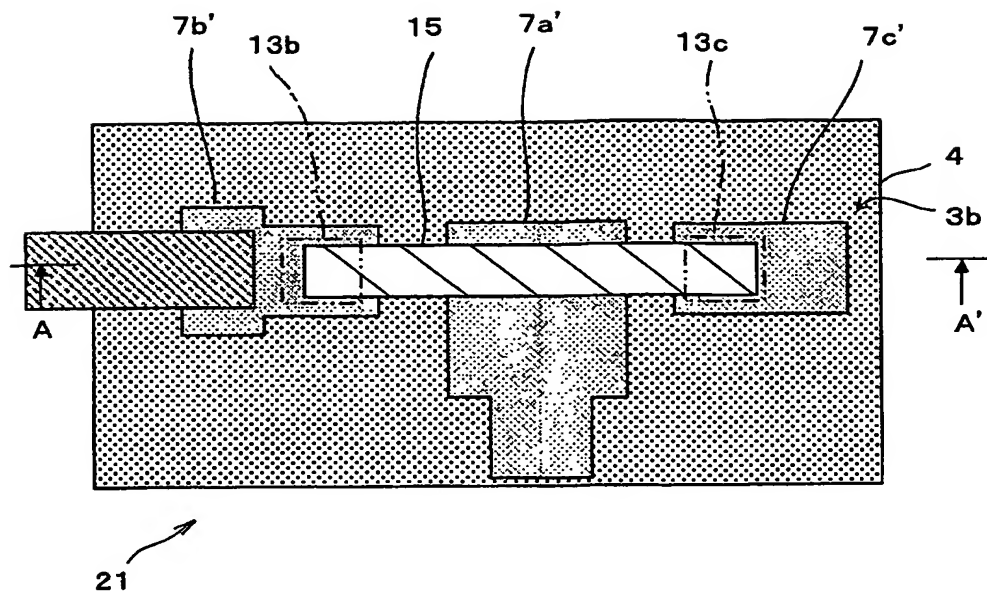
【図 9】



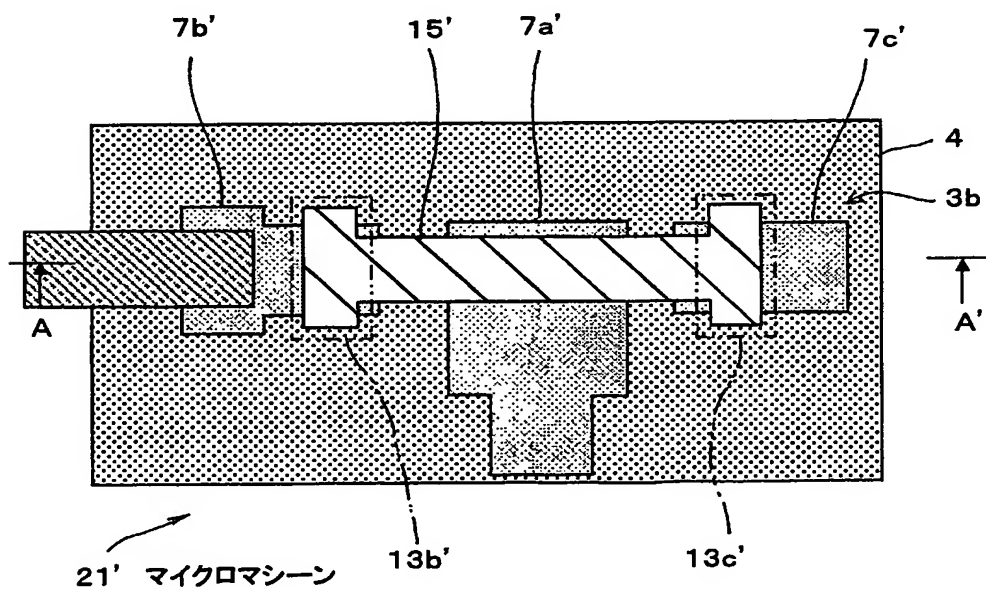
【図 10】



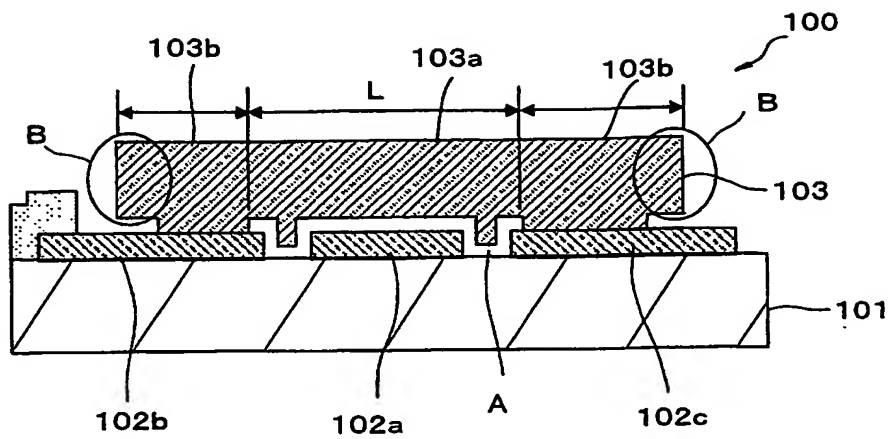
【図11】



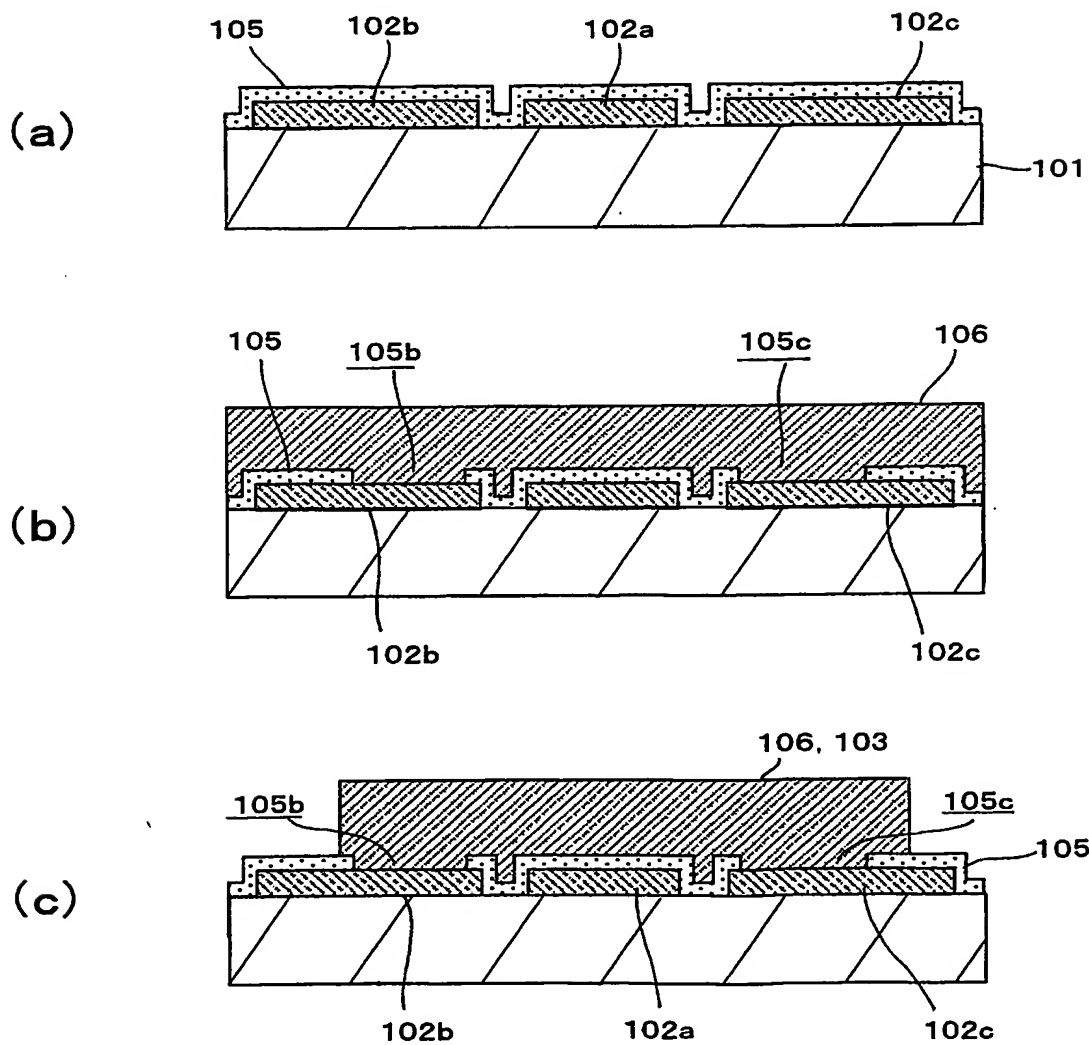
【図12】



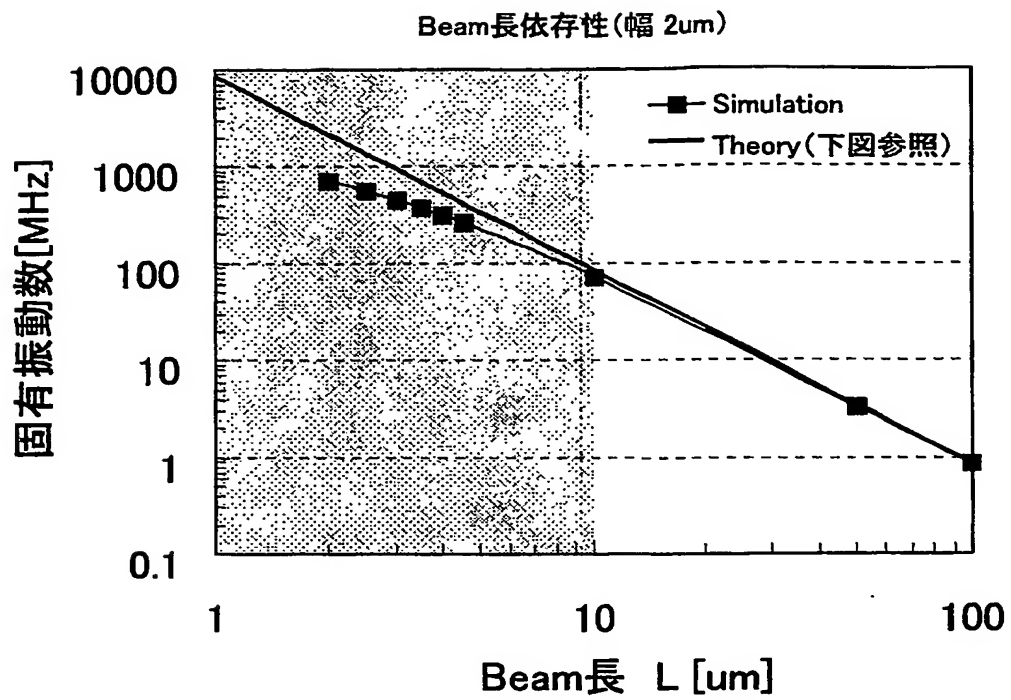
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 Q値が高く、かつ周波数帯域のより高い高周波フィルタ用のマイクロマシンを得る。

【解決手段】 基板4上に設けられた入力電極7b、出力電極7a、支持電極7cと、入力電極7b上と支持電極7cを介した基板4上とに両側の端部を支持させた状態で出力電極7aの上部に空間部Aを介してビーム（振動部）15aを敷設してなる帯状の振動子電極15とを備えたマイクロマシン20において、振動子電極15の両側の端部が、先端からビーム15aに至るまでの間の全面において、入力電極7bおよび支持電極7cに対して完全に固定されている。

【選択図】 図2

特願 2002-221433

出願人履歴情報

識別番号

[000002185]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川6丁目7番35号

氏 名

ソニー株式会社